

Marco geotectónico para el noroeste de Sur América y Sur de Centro América

M. Arcila^{1,2}, A. Muñoz Martín¹ y G. De Vicente¹

¹ Departamento de Geodinámica, Facultad CC. Geológicas, Universidad Complutense, 28040 Madrid, España. mmarcila@eucmos.sim.ucm.es

² Ingeominas, A.A. 695 Popayán, Colombia.

ABSTRACT

Due to the convergence of four major plates (Nazca, South America, Cocos and Caribbean) with a group of minor blocks between Central and South America region, it is a tectonic complex area. These small plates have different relative movements respect to the main Plates. Since 1969 a group of tectonic models including different plate borders and kinematic relationships have been proposed. Nowadays there are several databases with homogeneous quality including seismicity, topography, GPS and magnetic anomalies. These databases allow building a new geotectonic model by means of the integration of all of them. We have analyzed the topography, seismicity, actual stress regimes and plate kinematics in order to propose a new geotectonic model at the south of Central America and the northwester of South America.

Key words: *Geotectonic models, seismology, stress tensor, GPS, Central and South America.*

El noroeste de Sur América y Sur de Centro América es una zona con una gran complejidad sísmica y estructural dado que allí convergen cuatro placas tectónicas mayores, cada una con evolución y cinemática diferente. Entre ellas se encuentran bloques o microplacas, que a su vez tienen sus propias características. Desde el año 1969, esta zona ha sido objeto de diversos estudios que buscaban definir los modelos tectónicos. La posibilidad de acceder a información de batimetría y topografía de resolución aceptable para la construcción de modelos digitales de terreno (MDT), de información sísmológica en número y calidad importante, de datos sobre desplazamientos relativos de las placas litosféricas y la reconstrucción de isocronas del fondo oceánico, ha permitido retomar y revisar los modelos propuestos anteriormente. De este modo, este trabajo busca integrar buena parte de esta información disponible y proponer un marco geotectónico a partir de un análisis de la fisiografía, la sísmicidad, el régimen de esfuerzos actuales, y los desplazamientos relativos de las placas litosféricas (GPS).

MODELOS PROPUESTOS

La esquina noroeste de Sur América y sur de Centro América ha sido objeto de estudios diversos desde finales de los años 60, dado que la zona representa el lugar de convergencia de las placas de Sur América, Nazca, Cocos y Caribe. Gómez (1994) presenta una recopilación de modelos definidos, recogiendo las principales propuestas para el límite Nazca-Sur América y el límite sur, Caribe-Sur Amé-

rica, publicadas entre 1969 y 1993. Kellogg y Vega (1995), presentan un modelo para esta zona, a partir de resultados del desplazamiento relativo de las placas litosféricas obtenidos con GPS, siendo este último actualmente el más utilizado (Fig. 1). De manera similar, la evolución de la placa Caribe ha sido considerada por diversos autores, de lo cual es posible tomar los límites propuestos y su interrelación con las placas convergentes (Müller *et al.*, 1998).

ANÁLISIS DE LA FISIOGRAFÍA

Con la información topográfica disponible (Smith y Sandwell, 1997) se elaboró un MDT con resolución de 2 minutos por *pixel* e iluminado desde el norte, el cual permite realizar un análisis de la fisiografía, a partir del cual se han definido los principales rasgos morfotectónicos, tanto de los límites de placas mayores, como de la deformación frágil registrada en esta zona, destacándose los cabalgamientos que limitan el relieve y las fracturas en dirección, transversales al mismo (Fig. 2).

ANÁLISIS DE LA SISMICIDAD

Como fuentes de información sísmológica para esta región existen diversos catálogos, que recogen desde sísmicidad histórica (documentada a partir de 1566), y sísmicidad instrumental a partir de 1911, a catálogos más completos con sísmicidad registrada desde la puesta en operación de redes mundiales. En este estudio se ha em-

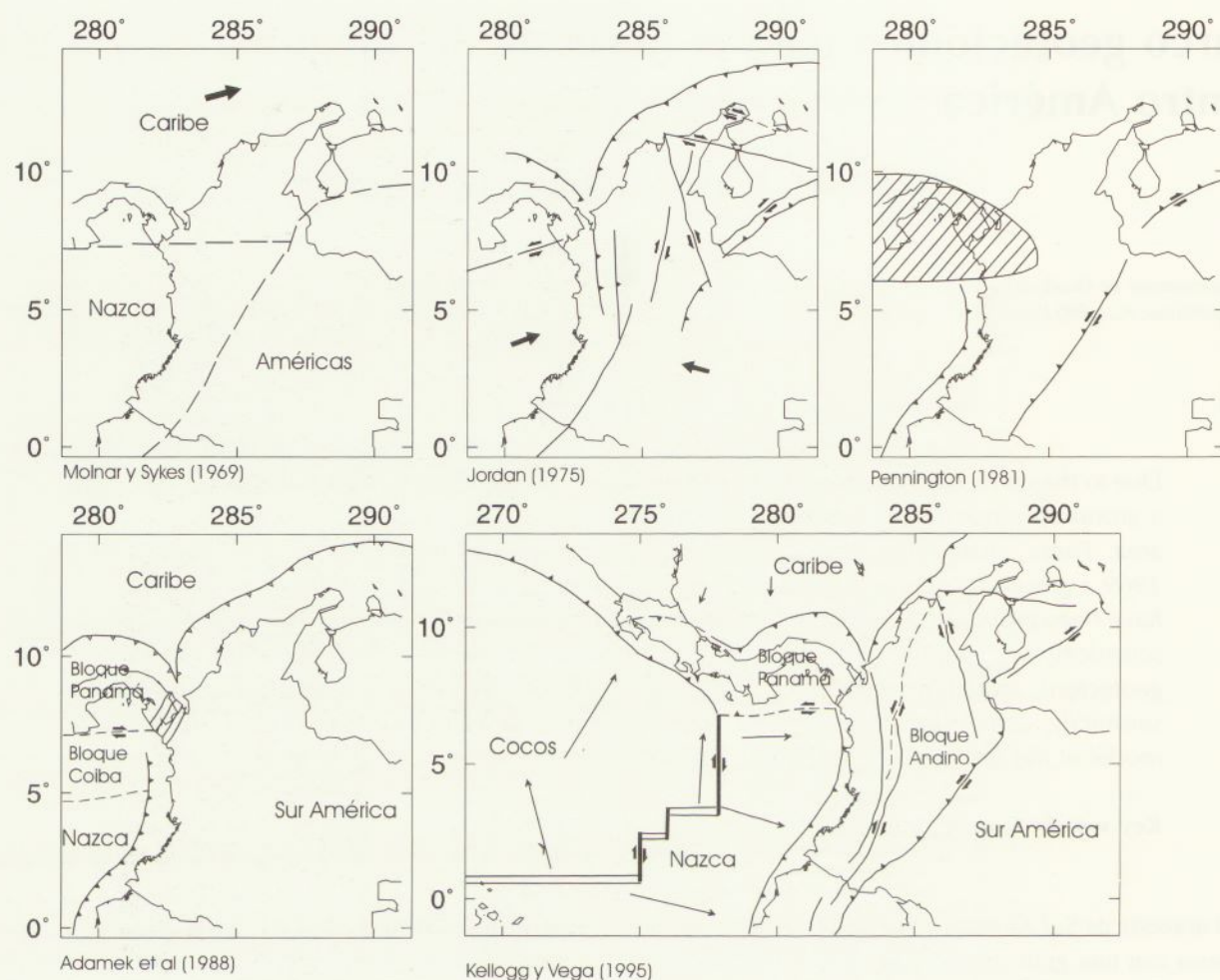


FIGURA 1: Diferentes modelos propuestos para la convergencia de placas litosféricas en la zona (Modificado de Gómez, 1994).

pleado el catálogo de Enghdal *et al.* (1998), que relocaliza sismicidad mundial con magnitudes m_b entre 3.5 y 6.5 registrada desde 1964 hasta 1998 por el ISC (International Seismological Center) y el NEIC (National Earthquake Information Center), por proporcionar una base de datos completa para un periodo de 35 años, por tener una metodología homogénea en la determinación de las localizaciones hipocentrales y una calidad contrastada frente a otras fuentes de datos. Las localizaciones hipocentrales permiten definir claramente los límites de placas activos y caracterizar el proceso de subducción donde éste tiene lugar (Fig. 2).

ESTADOS DE ESFUERZOS ACTUALES

El análisis de la deformación frágil se llevó a cabo a partir de un análisis poblacional de mecanismos focales de terremotos, los cuales se tomaron del Catálogo CMT (Centroid Moment Tensor) de la Universidad de Harvard (Dziewonski *et al.*, 1981), y otros obtenidos a partir de polaridades de onda P (Arcilla, comunicación oral).

Las poblaciones de mecanismos focales de terremotos se definieron a partir de criterios de localización espacial y criterios geológicos. Los estados de esfuerzos se calcularon con el *Método de Inversión de Esfuerzos* (Reches *et al.*,

1992), siguiendo la metodología propuesta por Capote *et al.* (1991) para la selección del plano de falla. En total se han obtenido 43 tensores puntuales de esfuerzos a partir de 591 planos de falla, que permiten caracterizar el régimen de esfuerzos entre los diferentes bloques o placas reconocidos.

DESPLAZAMIENTOS RELATIVO ENTRE PLACAS LITOSFÉRICAS

Mora (1995), y Kellogg y Vega (1995), presentan resultados de mediciones desarrolladas dentro del proyecto CASA (Central and South America), para la determinación de la cinemática de las placas en esta zona. De los datos disponibles se han considerado los valores de desplazamiento respecto a San Andrés (ubicado en la placa Caribe, Fig. 3), por ser los más concordantes con los resultados de las orientaciones del esfuerzo máximo horizontal y además, porque esta placa ha permanecido estacionaria desde hace 38.4 Ma (Müller *et al.*, 1998).

MARCO GEOTECTÓNICO PROPUESTO

Integrando la información anterior, este trabajo presenta un marco geotectónico para el noroeste de Sur América y

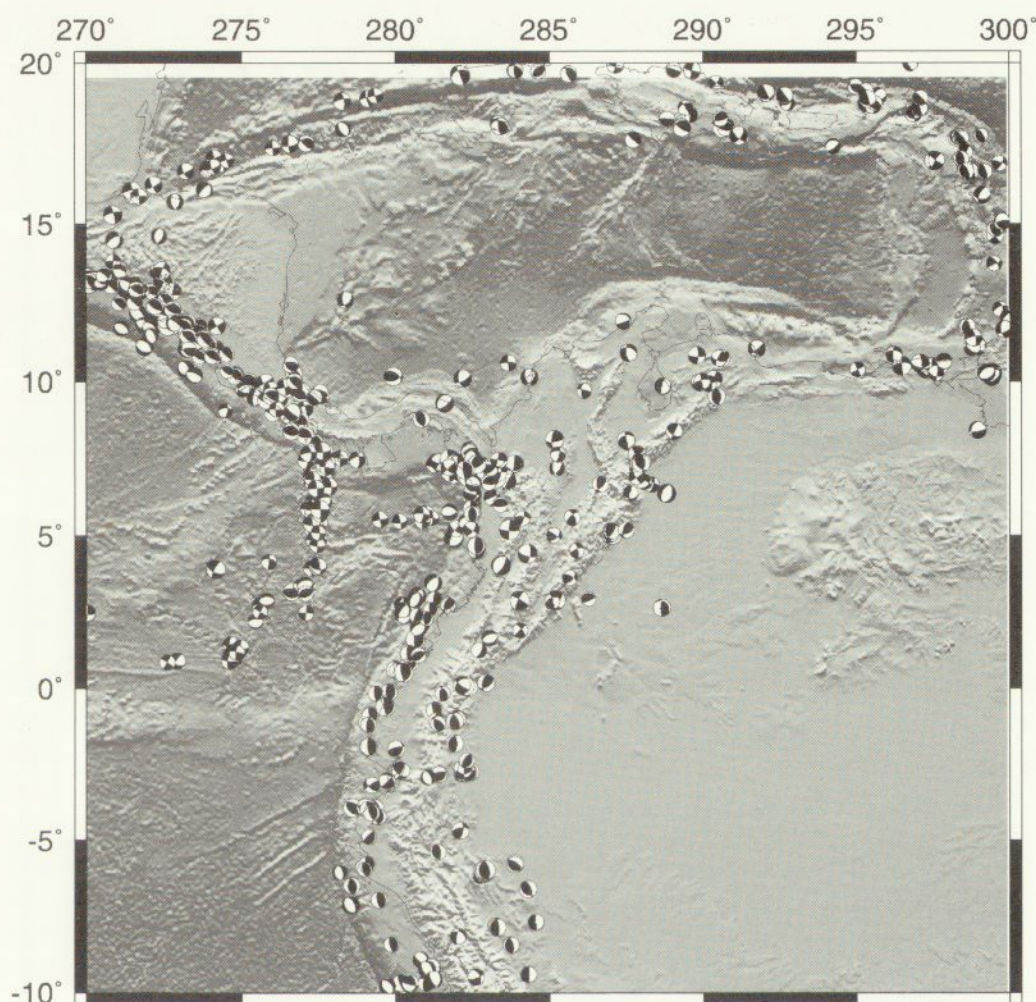


FIGURA 2: Modelo digital de terreno y mecanismos focales utilizados en el análisis de estados de esfuerzos en los límites de placas

el Sur de Centro América. De este modo, la cinemática encontrada entre las diferentes placas litosféricas respecto a la placa Caribe estacionaria, estaría dado por (Fig. 3):

- Convergencia oeste-este entre Nazca y Sur América, la cual se resuelve con subducción normal en la fosa Peru-Chile (FPCh) y subducción compleja, con cambios en dirección y buzamiento de la misma, en la fosa Colombia-Ecuador (FCE).
- Acercamiento suroeste-noreste de la placa Cocos a la de Caribe, con subducción normal de la primera bajo Centro América, en la fosa Mesoamericana (FMA).
- Acercamiento este-oeste de la placa Norteamericana a la del Caribe, con subducción bajo las Antillas Menores y desplazamiento lateral izquierdo en el límite norte entre estas dos placas.
- Desplazamiento dextrorso entre las placas de Cocos y Nazca, y Cocos-bloque Coiba, a lo largo de la zona de Fractura de Panamá (ZFP).
- Desplazamiento sinestorso entre la placa Nazca y el bloque Coiba a lo largo de la falla de Hey (FH).
- Convergencia este-sureste a oeste-noroeste entre la pla-

ca Sur América y el bloque Andino, la cual se resuelve en la deformación de la zona andina.

- Acercamiento sureste-noroeste del bloque Andino a la placa Caribe y el bloque Panamá, dando lugar a cabalgamientos a lo largo de los cinturones deformados del Caribe (CDC), y a una zona con compresión triaxial en la región del Darién (frontera Colombia-Panamá).
- Desplazamiento dextrorso entre la placa Sur América y el bloque Maracaibo a lo largo de la falla de Boconó (FB).
- Desplazamiento sinestorso entre los bloques Andino y Maracaibo a lo largo de la falla Santa Marta-Bucaramanga (FSMB).
- Convergencia oeste-suroeste a este-noreste del bloque Coiba y los bloques Andino y Panamá, con subducción hacia el este-noreste.
- Acercamiento oeste-suroeste a este-noreste del bloque Panamá a la placa Caribe, en el cinturón deformado del Caribe (CDC).
- Desplazamiento sinestorso entre los bloques Coiba y Panamá a lo largo de la falla de Jordan (FJ).

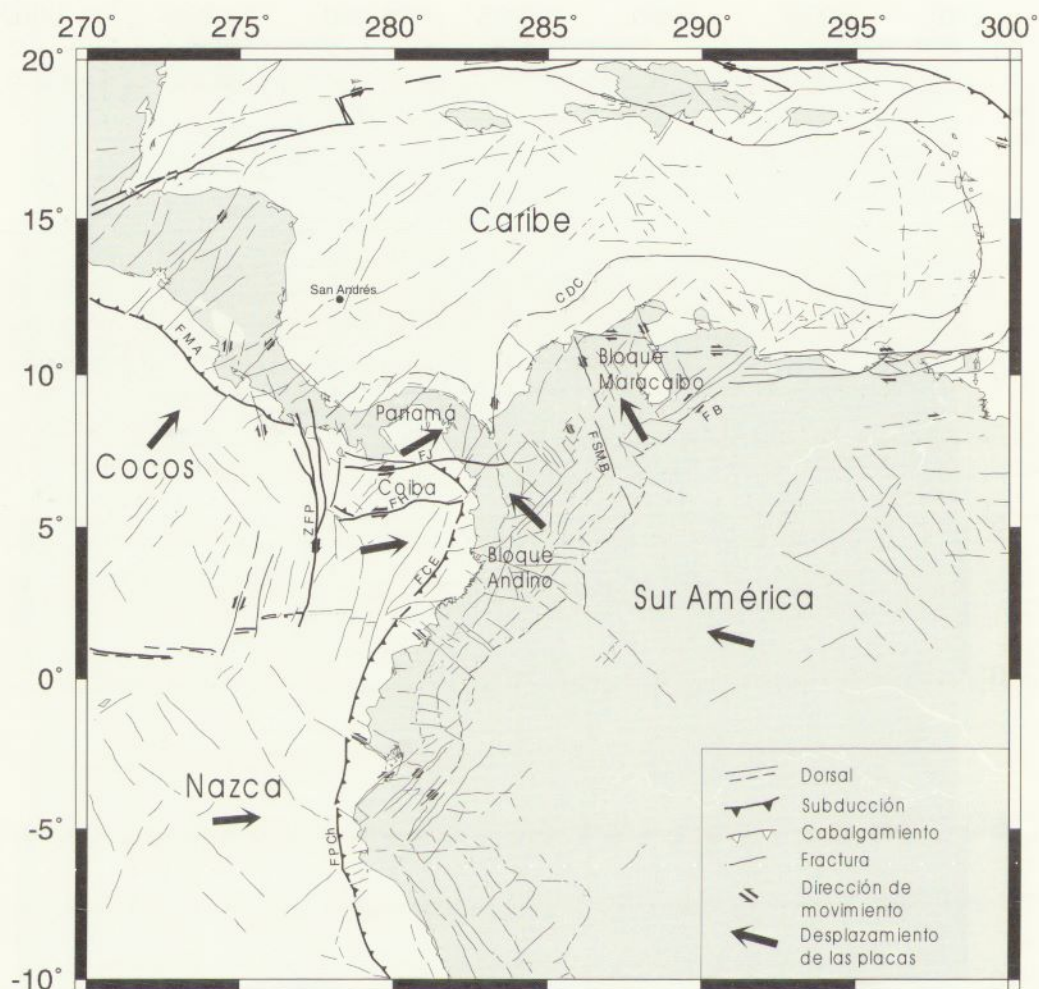


FIGURA 3: Marco geotectónico propuesto para el noroeste de Sur América y sur de Centro América. FPCh: fosa Peru-Chile, FCE: fosa Colombia-Ecuador, FMA: fosa Mesoamericana, ZFP: Zona de Fractura de Panamá, FH: falla de Hey, CDC: Cinturón Deformado del Caribe, FB: falla de Boconó, FSMB: falla Santa Marta-Bucaramanga, FJ: falla Jordan.

CONCLUSIONES

La integración de los datos sismológicos, topográficos y de GPS con un análisis de los esfuerzos y estructuras activas, ha permitido dibujar un nuevo marco geotectónico para el noroeste de Sur América y sur de Centro América. Dentro de este nuevo marco (Fig. 3) es posible señalar la presencia de una serie de placas mayores (Nazca, Sur América, Cocos y Caribe) convergentes entre sí, entre las cuales se encuentran una serie de placas o bloques menores (Bloque Andino, Panamá, Coiba y Maracaibo).

De este modo, dentro de este marco general ha sido necesario individualizar una serie de bloques menores (Coiba, Maracaibo) que presentan un comportamiento diferenciado respecto a las placas circundantes. Así, destaca la convergencia deducida de todos los datos utilizados entre los Bloque Andino y Maracaibo con Sur América (tradicionalmente interpretado como un movimiento en dirección) presentando estos dos bloques un movimiento lateral izquierdo entre sí. Por último, destaca la presencia de una zona de unión triple con movimientos relativos convergen-

tes entre sí entre los bloques de Panamá, Bloque Andino y Coiba que queda reflejada por los datos sísmicos y de inversión de esfuerzos en un área de compresión triaxial.

AGRADECIMIENTOS

M. Arcila ha disfrutado de una beca de la Agencia Española de Cooperación Internacional y comisión de Ingeominas (servicio geológico colombiano), para la realización de su tesis doctoral.

REFERENCIAS

- Capote, R., De Vicente, G., González Casado, J.M. (1991): An application of the slip model of brittle deformations to focal mechanism analysis in three different plate tectonics situations. *Tectonophysics*, 191: 399-409.
- Dziewonski, A.M., Chou, T.A. y Woodhouse, J.H. (1981): Determination of earthquakes source parameters from waveform data for studies of global and regional seismicity. *J. Geophysics Res.* 86: 2825-2852. Catálogo

- disponible en: <http://www.seismology.harvard.edu/projects/CMT/CMTsearch.html>
- Engdahl, E.R., Van der List, R.D. y Buland, R. (1998): Global teleseismic earthquake relocation with improved travel times and procedures for depth relocation. *Bull. Seism. Soc. Am.* 88: 722-743. Catálogo disponible vía ftp [136.177.20.1 cd misc/engdahl/EHB](ftp://136.177.20.1/cd/misc/engdahl/EHB)
- Gómez, I.C. (1994): Apuntes sobre la sismotectónica de la zona de subducción en Colombia. Trabajo de Grado. Universidad de Caldas, Facultad de Geología y Minas, 110 p.
- Kellogg, J.N. y Vega, V. (1995): Tectonic development of Panama, Costa Rica and Colombian Andes: Constraints from global position system geodetic studies and gravity. *Geol. Soc. Am. Bull. Special Paper*, 295:75-90.
- Mora, H. (1995): Central and South America GPS geodesy: Relative plate motions determined from 1991 and 1994 measurements in Colombia, Costa Rica, Ecuador, Panama and Venezuela. University of South Carolina, 94 p.
- Müller, R.D., Royer, J-Y., Cande, S.C., Roest, W.R. y Maschenkov, S. (1998): New constraints on the late cretaceous/tertiary plate tectonic evolution of the Caribbean. En: *Sedimentary Basins of the World*, 4. Elsevier Science. 736 p.
- Reches, Z., Baer, G. y Haztor, Y. (1992): Constraints on the strength of the Upper Crust from stress inversion of fault slip data. *J. Geophysic. Res.* 97 (B9): 12481-12493
- Smith, W.H.F. y Sandwell, D.T. (1997): Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. *Science* 277: 1956-1962. Disponible en http://topex.ucsd.edu/marine_topo/mar_topo.html